

高校教改纵横

“发酵工程专业课程设计”课程“课堂+仿真+工厂” 三维一体教学改革与探索

卓睿*, 张蒙, 朱咏华, 李勇军*

湖南大学生物学院 植物功能基因组学与发育调控湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410082

卓睿, 张蒙, 朱咏华, 李勇军. “发酵工程专业课程设计”课程“课堂+仿真+工厂”三维一体教学改革与探索[J]. 微生物学通报, 2024, 51(5): 1774-1783.

ZHUO Rui, ZHANG Meng, ZHU Yonghua, LI Yongjun. Three-dimensional (classroom+virtual simulation+factory) integrated teaching reform for Fermentation Process Design[J]. Microbiology China, 2024, 51(5): 1774-1783.

摘要: “发酵工程专业课程设计”是湖南大学生物学院面向生物技术专业学生开设的特色本科实践环节课程, 旨在加强学生实践和运用能力, 鼓励学生将习得的微生物学和发酵工程知识在发酵工厂的实际应用中找到落脚点。传统的教学模式中, 这门课程主要以课堂讲授为主。由于涉及发酵生产线运行、发酵设备参数设计等实践性较强的内容, 单纯的课堂讲授不易调动学生的课堂积极性, 同时也难以让学生对授课内容产生直观清晰的认识。在此背景下, 我们针对课程进行了改革优化, 在课程教学中全面引入虚拟仿真教学和工厂实践的教学模式。力争通过新模式下“发酵工程专业课程设计”的教学实施, 加强学生对发酵工程原理的掌握, 并强化学生的实践和运用能力。本文总结了现阶段课程“课堂+仿真+工厂”三维一体的开展模式, 并结合学生反馈对实际授课效果进行了反思, 以期为高等院校教学改革提供参考。

关键词: 发酵工程课程设计; 虚拟仿真; 教学改革

Three-dimensional (classroom+virtual simulation+factory) integrated teaching reform for Fermentation Process Design

ZHUO Rui*, ZHANG Meng, ZHU Yonghua, LI Yongjun*

Hunan Province Key Laboratory of Plant Functional Genomics and Developmental Regulation, College of Biology, Hunan University, Changsha 410082, Hunan, China

Abstract: Fermentation Process Design is a distinctive practical course offered by the College of

资助项目: 湖南省普通高等学校教学改革研究项目(HNJG-2022-0491)

This work was supported by the Higher Education Teaching Reform Program of Hunan Province (HNJG-2022-0491).

*Corresponding authors. E-mail: ZHUO Rui, zhuorui@hnu.edu.cn; LI Yongjun, lyj_hnu@hnu.edu.cn

Received: 2023-05-26; Accepted: 2023-10-04; Published online: 2024-01-04

Biology at Hunan University for the undergraduates majoring in biotechnology. This course aims to enhance students' practical skills and application abilities, encouraging them to apply their acquired knowledge of microbiology and fermentation engineering in practical settings such as fermentation factories. The traditional teaching of this course primarily relies on classroom lectures. However, due to the practical nature of topics such as operating fermentation production lines and designing fermentation equipment parameters, we found that simple classroom lectures were not effective in triggering students' enthusiasm and providing them with a clear understanding of the teaching content. Therefore, we reformed the teaching for this course by introducing the teaching model of “classroom+virtual simulation+factory”, aiming to improve students' understanding of the knowledge about fermentation engineering and their practical and application abilities. This article introduces the current three-dimensional integrated model of “classroom+virtual simulation+factory” in the teaching of Fermentation Process Design and evaluates the teaching effectiveness with the feedback from students. We hope that our work will provide reference information for the teaching reform of colleges and universities.

Keywords: Fermentation Process Design; virtual simulation; teaching reform

当代高等教育正处于快速变革之中,其中本科生课堂教育的改革成为推动学生全面发展的重要环节,其以学生为中心,旨在从传统的单向讲授模式转变为更加互动和参与性的学习方式。在此大背景下,我们针对“发酵工程专业课程设计”课程进行了改革优化,在课程教学中全面引入虚拟仿真教学和工厂实践的教学模式。力争通过新模式下“发酵工程专业课程设计”的教学实施,加强学生对发酵工程原理的掌握,并强化学生的实践和运用能力。

1 湖南大学“发酵工程专业课程设计”课程建设介绍

湖南大学生物技术专业是学校重点支持和发展的学科之一,先后获批为湖南省一流本科专业建设专业(2019)和国家一流本科专业建设专业(2020)建设点。本专业紧跟现代生物医药及生物农业的国家策略和产业发展趋势,培养方针与新时代的生命科学人才培养理念高度一致^[1]。我们致力于培养学生深入了解生物技术及现代生物产业的基础理念和技术流程,培育能够在

生物技术相关领域内进行设计、生产、管理,以及进行新技术探索、新产品研发的高素质复合型人才。我们期望毕业生能进入国内外著名的高校和研究机构继续学习,或者在生物医药、大健康、生物农业、食品轻工和环境保护等行业中发挥所学,进行研究、技术开发或管理工作。

随着生物技术领域的进步,发酵工程的技术和理论已在生物制药、食品化工和环境化工等多个领域得到广泛应用^[2],并与日常生活及生产形成了紧密的联系^[3]。因此,学院开设了面向生物技术专业本科生的专业实践类必修课程“发酵工程专业课程设计”,于三年级暑期小学期开课,共64学时。课程与本专业核心课程“酶与发酵工程”紧密衔接,使学生能综合应用微生物和发酵相关知识进行发酵流程设计。目前课程教材为《生物发酵工厂设计》^[4],并推荐本科国家级规划教材《微生物学》^[5]及“发酵工程”名校公开课(余龙江, https://www.icourse163.org/course/HUST-1206584803?from=searchPage&outVendor=zw_mooc_pcssjg)作为参考资料。

本课程强调实践设计,目的是让学生深入理解发酵工艺流程并进行初步设计。教学改革之前,课程主要内容包括3个模块:(1)课程概论和发酵工艺流程设计:进行课程的简要介绍,并引导学生学习工艺流程设计的基本步骤及如何初步使用AutoCAD软件。(2)物料、热量和水平衡核算以及设备设计:进行工艺流程基础理论数据计算相关知识的讲授,使学生了解工艺流程设计相关基础数据的来源及测算依据。(3)啤酒和酒精发酵工厂的发酵工艺流程:以两种较为常见的发酵工厂为例,详细讲解其生产流程。课程的最后,学生须自主选择课题进行发酵工艺流程设计并作为课程作业提交。

2 “发酵工程专业课程设计”课程教学改革理念、改革内容与教学目标

我国已把推进高等教育教学改革和提高杰出人才培养能力作为发展重点^[6]。从先前的“发酵工程专业课程设计”教学经验来看,我们发现传递知识时,纯粹的课堂讲授,尤其当涉及发酵生产线和设备参数设计等实践性强的内容时无法有效激发学生的兴趣和参与感。这使得学生在课堂上难以深入体验和理解所学内容,不利于这样一门以实验设计为核心的实践环节课程的开展。教育的本质不应仅限于培养“象牙塔”里的学者^[7],根据《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》^[8],本科课程应更注重提高创新性和挑战度。

基于上述观点,我们决定对本课程进行教学改革,尝试通过引入虚拟仿真技术和工厂实践环节来增强学生的学习兴趣和效果。改革主要包括两个方面:(1)加入虚拟仿真软件操作环节。通过这项技术,学生能够在不受场地和设

备限制的情况下,获得更多操作和实践的机会,从而更加深入地理解发酵流程和设计原理。(2)结合长沙地区的发酵生产企业资源,为学生提供工厂实践机会。这使学生能够直观地了解发酵生产过程,并与一线技术和生产人员交流,更好地将理论知识与实际需求相结合。

在此基础上,参考《中国教育现代化2035》和《加快推进教育现代化实施方案(2018–2022年)》等政策指导,并结合生物技术专业本科生的特点,我们为“发酵工程专业课程设计”引入课堂、虚拟仿真和工厂实践的三维一体教学模式,旨在整合和优化教学内容,调整教学方法,确保学生不仅能够理解发酵工程的基本原理,还能加强与实际发酵生产相关企业的联系和了解。改革后的“发酵工程专业课程设计”的具体课程思路和教学模式如图1所示。

课程改革主要聚焦在以下几个方面:(1)科学分析生物技术专业学生特征,加强教学内容与教学方法的改革。通过对学生的学习特性和需求进行深入调查和分析,而且结合已有的课程如“微生物学”和“发酵工程”,我们对学生的预备知识和学习需求有了全面的了解。为了使教学内容更加符合学生的实际需求,我们将结合本专业的最新技术、实际工程案例和企业需求,并利用虚拟仿真技术模拟实际工厂发酵生产线。(2)加强校企合作,共建高水平的实验、实训基地。传统的“发酵工程专业课程设计”授课空间局限于校园课堂之内,这使得学生对实际发酵生产企业的了解略显不足。为了使學生更加了解实际生产过程,我们决定通过本课程的工厂实践环节,进一步加强与湖南大学生物学院及相关发酵企业的合作关系,打造一个持久、有效的校企合作平台。(3)积极探索,构建“理论课堂+虚拟仿真+工厂实践”的教学模式。我们将探索如何有效地结合虚拟仿真和

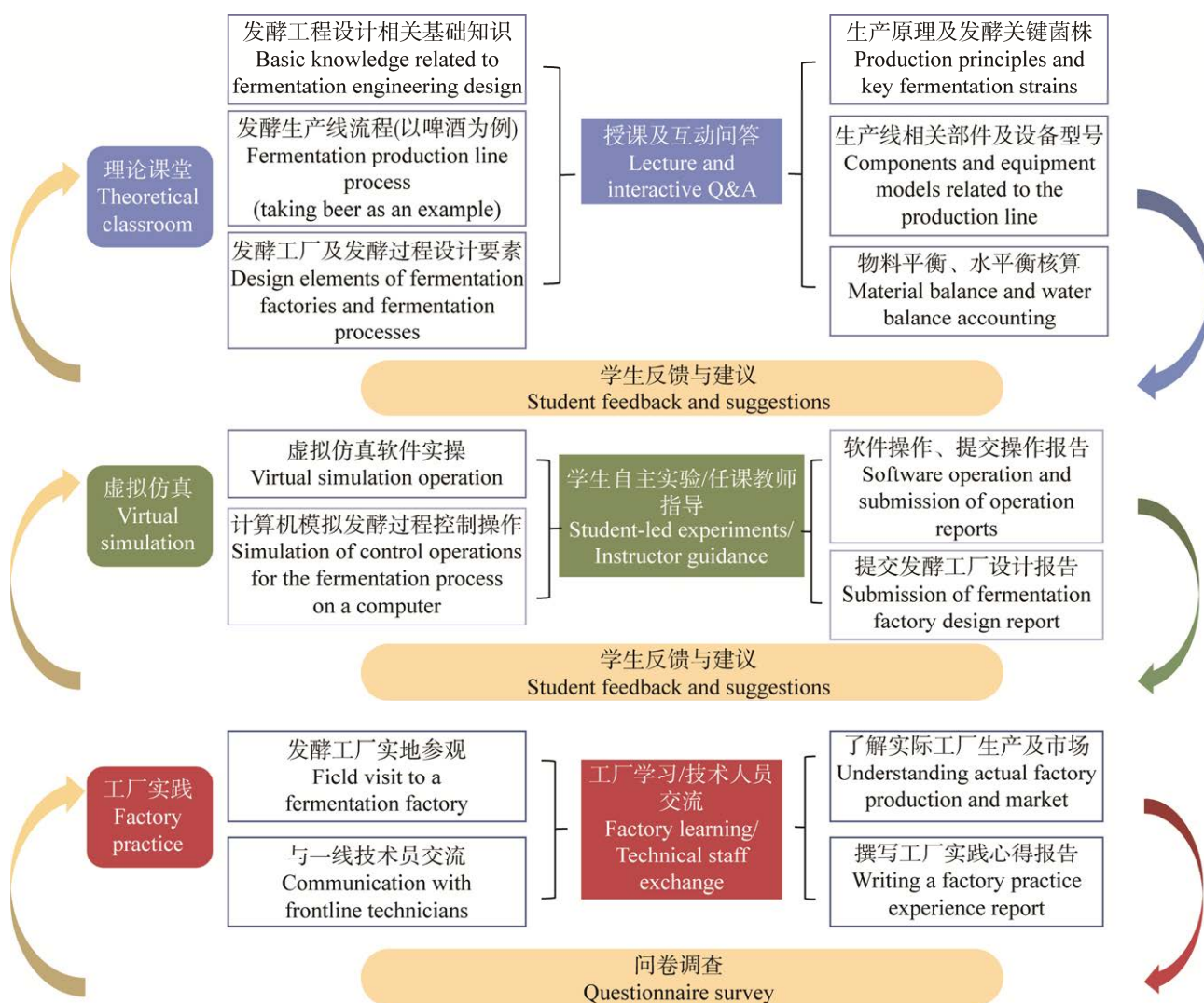


图1 “发酵工程专业课程设计”的课程思路及教学模式

Figure 1 Course ideas and teaching models of Fermentation Process Design.

工厂实践环节构建一个更完整的教学体系。具体来说，我们会基于实际的授课进度和学生反馈来调整教学策略，同时结合虚拟仿真实验报告来评估学习成果。在授课过程中，我们还组织学生进行工厂实践，以促进他们将课堂知识与实际生产相结合。

综上所述，“发酵工程专业课程设计”课程教学改革的最终目标是将虚拟仿真技术和工厂实践有机地融入教学过程中，从而找到一个高

效的教学模式。这不仅可以帮助生物技术专业的学生更好地了解实际的发酵生产和相关企业，还能加强学校与企业之间的紧密联系。

3 “发酵工程专业课程设计”课程教学改革实践

在 2022 学年的“发酵工程专业课程设计”中，我们实施了课堂+虚拟仿真教学+工厂实践的三维教学模式。此模式旨在更有效地融合理

论与实践,使学生更加全面地掌握知识。

第一,课堂教学方面:课堂教学内容涵盖了预定的课程概论、工艺流程设计、物料衡算、热量衡算、水平衡核算、设备设计以及啤酒和酒精发酵工厂的设计介绍。在此基础上,我们根据学生的学习需求,减少与“微生物学”和“发酵工程”的内容重叠,同时增强了对发酵工厂消杀和设备灭菌等前期未涉及知识点的讲解。为提升授课效果,我们还在教学中引进了名校的网络公开课资源,如“发酵工程”(余龙江教授, https://www.icourse163.org/course/HUST-1206584803?from=searchPage&outVendor=zw_mooc_pcssjg)和“发酵工厂设计概论”(李丕武教授, <http://coursehome.zhihuishu.com/courseHome/1000009573/164263/#teachTeam>)。选用其中跟我们课程密切相关的优秀课程内容,让学生在课下自主学习参考,以增进学生对关键知识的理解。

第二,引入虚拟仿真操作环节。我们采用北京东方仿真软件技术有限公司开发的啤酒发酵工艺仿真软件,使学生能在计算机上模拟操作从糊化到清酒罐贮藏的整个啤酒发酵过程。学生能够手动控制每一个工艺流程中的物料与水分添加、各环节的配比、加热、冷却、过滤等环节的开闭,以及保温和通氧参数的设定。使他们能够在虚拟环境中对实际发酵生产流程进行详尽的控制。此外,仿真系统还允许学生对实时进程的多种参数进行监测与反馈,包括糖化曲线、溶氧曲线、酵母浓度曲线、二氧化碳曲线和糖度曲线。这些功能不仅有助于学生深入地理解和掌握发酵过程,还能为他们提供一个现实的实践场景。我们配置了12台计算机终端,将学生分成12个小组进行虚拟仿真操作。每天的授课环节我们均预留了1-2个小时,供学生使用虚拟仿真系统。在使用仿真系统时,

我们提供了清晰的标准操作流程供学生参考,同时要求学生仔细记录每个步骤的操作过程,并在最后提交完整的操作报告和总结。我们会根据操作报告的质量进行评分。此项虚拟仿真实践的设计确保了学生对啤酒发酵生产全过程的深入、细致了解,同时加深了他们对发酵过程控制及相关工艺流程设计的理解。

第三,我们为课程增加了一项实地工厂实践环节。在2022年的教学实践中,我们与和我们学院有着紧密合作关系并拥有现代生物发酵生产线的知名企业——湖南长沙福来格生物技术有限公司建立合作。学生们将在此公司开展实地学习和实践活动。实践环节具体内容为:(1) 公司介绍和专业技术交流会,同时设置面对面答疑环节;(2) 对酶制剂发酵及提炼车间的参观学习;(3) 对质量控制中心的实地探访;(4) 对基因工程、检测中心及酶应用工程中心的参观学习;(5) 对环保污水处理工艺、水处理系统及循环系统的听取讲解和参观。实践内容可概括为3个部分:(1) 由工厂技术负责人进行公司介绍和答疑;(2) 学生们参观研发和质控部门并与相关技术人员进行交流;(3) 生产线的实地考察及与现场工人的交流,此环节旨在让学生们更深入地了解实际的生产过程和工厂运作。同时,我们也与该企业深化合作,探讨建立高质量实训基地的可能性。

在这次的教学改革中,我们设计了课堂讲授、虚拟仿真和工厂实践这3个相互联系的环节。“发酵工程专业课程设计”于三年级暑期小学期开课,课程持续8 d,每天上下午各4个学时,共64学时。课堂讲授与虚拟仿真交叉进行。每日的课堂讲授结束后,预留1-2 h供学生们进行虚拟仿真操作,教师则提供答疑和辅导。工厂实践安排在课程的中后部分,为期1天,学生们实地参观工厂并在结束后撰写实

践总结和感想。

4 “发酵工程专业课程设计”课程评价

为了判断“发酵工程专业课程设计”教学改革内容是否受到学生的欢迎并对其学习产生了积极影响,我们需要采取科学的评估方式。由于课程改革全面开展的时间还不长,如何提出真实有效的评价手段是当前教学改革面临的问题之一^[9]。我们采用无记名调查问卷的方式对“发酵工程专业课程设计”课程进行了初步评估。问卷调查对象为参与 2022 年小学期“发酵工程专业课程设计”课程的 2019 级生物技术专业的两个班,即生物技术 1901 班和生物技术 1902 班。问卷中有 8 个问题,其中 7 个为单选,1 个为多选,共发放问卷 47 份,回收有效问卷 47 份。

4.1 学生对“课堂+仿真+工厂实践”三维一体教学模式的主观态度

学生对于新教学方法的态度和第一印象直接决定了课程是否能够实现预定目标。因此,我们在问卷中首先评估了学生对“课堂+仿真+工厂实践”三维教学模式的认同度。问卷结果如图 2 所示。

对于目前课程的组织形式,参与问卷调查的 47 名学生中,有 38 名认为目前的课程组织形式非常好,占比 80.9%;9 名学生认为组织形式一般,占比 19.1%;无学生持反对或不清楚的观点(图 2A)。这意味着大多数学生对当前的课程组织形式持正面看法。对于模拟仿真系统的态度,63.8%的学生(30/47)认为对课程学习非常有帮助,34.0%的学生(16/47)认为模拟仿真系统对课程的帮助一般,而不到 1%的学生(1/47)觉得对学习无帮助(图 2B)。相较于课程组织形式的

认可度,学生们对于模拟仿真系统的认可程度有所下降。这可能是因为当前使用的仿真硬件过旧,导致系统响应缓慢,影响了学生的使用体验。后续的问卷反馈也提到了此问题。我们计划未来更新和优化这些设备。对于工厂学习实践部分,所有学生均认为有助于学习。其中,高达 95.7%的学生(45/47)极为重视,而 4.2%的学生(2/47)觉得其重要性适中(图 2C)。所有学生都觉得工厂实践环节达到或超出了他们的预期,其中,34.0%的学生(16/47)认为超出了预期,而 66.0%的学生(31/47)认为与预期相符(图 2D)。这反映出工厂学习实践环节的设置是合适的,为学生带来了宝贵的经验,但也暗示了还有进一步完善的空间。

4.2 学生对各教学环节的反馈和建议

针对新近引入课程中的虚拟仿真和工厂学习实践环节,我们进一步调查了学生们的反馈和建议(图 3)。

首先,我们针对模拟仿真在课程中的应用和进一步改善对学生进行了问卷调查(图 3A),数据表明有大约 10.6%的学生(5/47)认为需要选用更新的软件,大约 19.1%的学生(9/47)认为目前的模拟仿真系统较好,不需要改善,占比最多的 70.2%的学生(33/47)认为需要更换新的硬件系统、选用速度更快的电脑进行模拟仿真。这表明在实际的模拟仿真授课过程中,硬件系统的改善能够极大地影响学习感受和效果,这将是后续课程优化重点考虑加强的方向。

对于工厂学习实践环节,学生最看重的方面见图 3B。40.4%的学生(19/47)最关心“公司与专业的匹配程度”,38.3%的学生(18/47)更看重“公司的现代化生产线”,而“个人在工厂学习中的参与度”则被 17.0%的学生(8/47)视为首要;仅有 4.0%的学生(2/47)表示公司的名气和影响力是

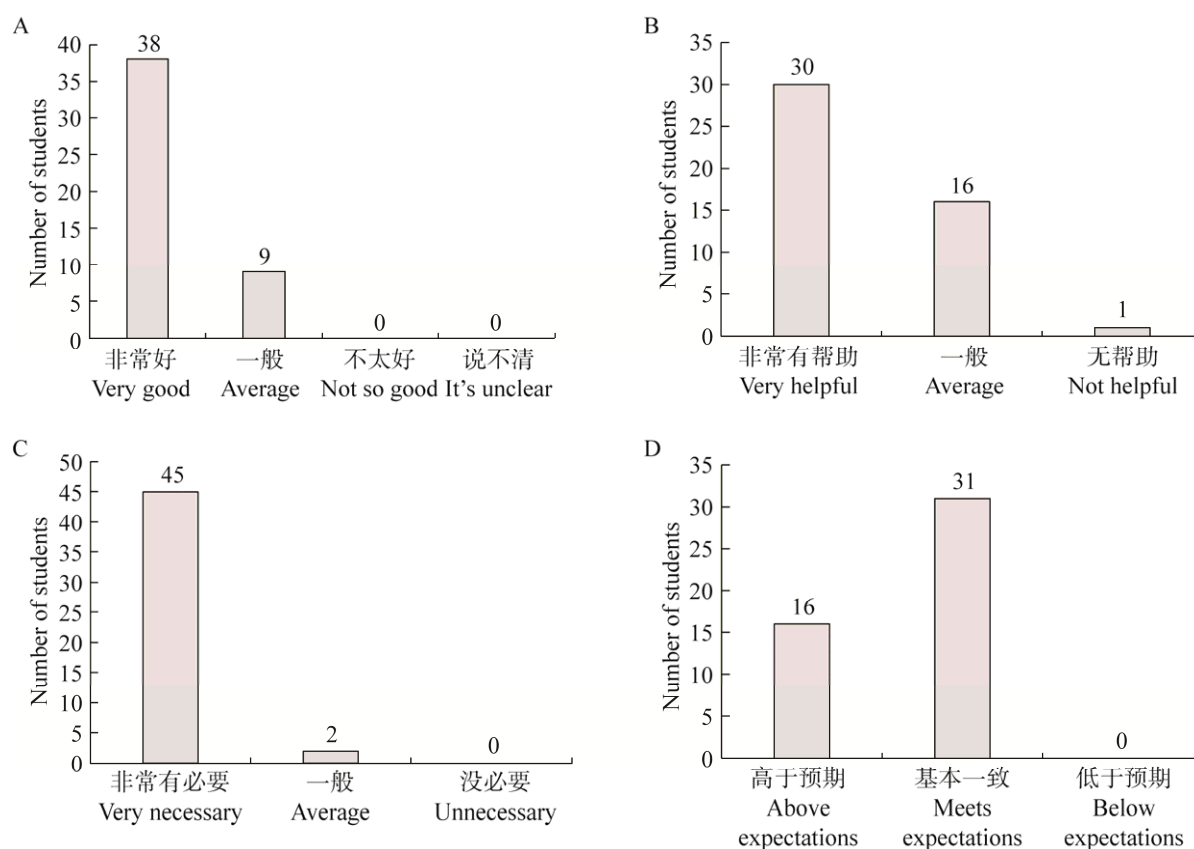


图2 学生对教学模式的主观态度 A: 对课程组织形式的态度. B: 对模拟仿真系统的态度. C: 对工厂学习实践的态度. D: 工厂学习实践与期望值比较

Figure 2 Students' attitudes towards our teaching mode. A: Attitude to wards course organization form. B: Attitude to wards simulation system. C: Attitude to wards learning and practice in factory. D: Comparison between learning and practice in factory and students' expectations.

他们考虑的重点。这为我们后续教学提供了明确方向，重点提高专业匹配度、展示现代化生产线和增强学生的实践参与度。

学生们在工厂学习实践中的具体收获如图 3C 所示，36.2%的学生(17/47)对研发中心学习最感兴趣，其次是企业生产和市场概况介绍(27.7%) (13/47)、菌种保藏和发酵车间学习(19.1%) (9/47)、生产车间实地观摩(17.0%) (8/47)。

结合此次学习实践，我们设置了几个相关选项以了解学生在工厂实践环节中最想学习的

内容。结果如图 3D 所示，投票排名前二的分别为理论知识的实际应用(43 票)和对实际生产线的提前感受(34 票)，其次为了解企业待遇及自己相关的岗位(28 票)，以及了解市场相关知识(24 票)。表明学生对于本次工厂学习实践环节中的企业市场介绍、研发中心学习认可度较高，同时对于理论知识的实际应用及感受实际生产线兴趣浓厚。在后续的课程安排中，我们将更多地考虑学生们的需求和反馈，对于学生们感兴趣的环节给予时间安排上的倾斜。

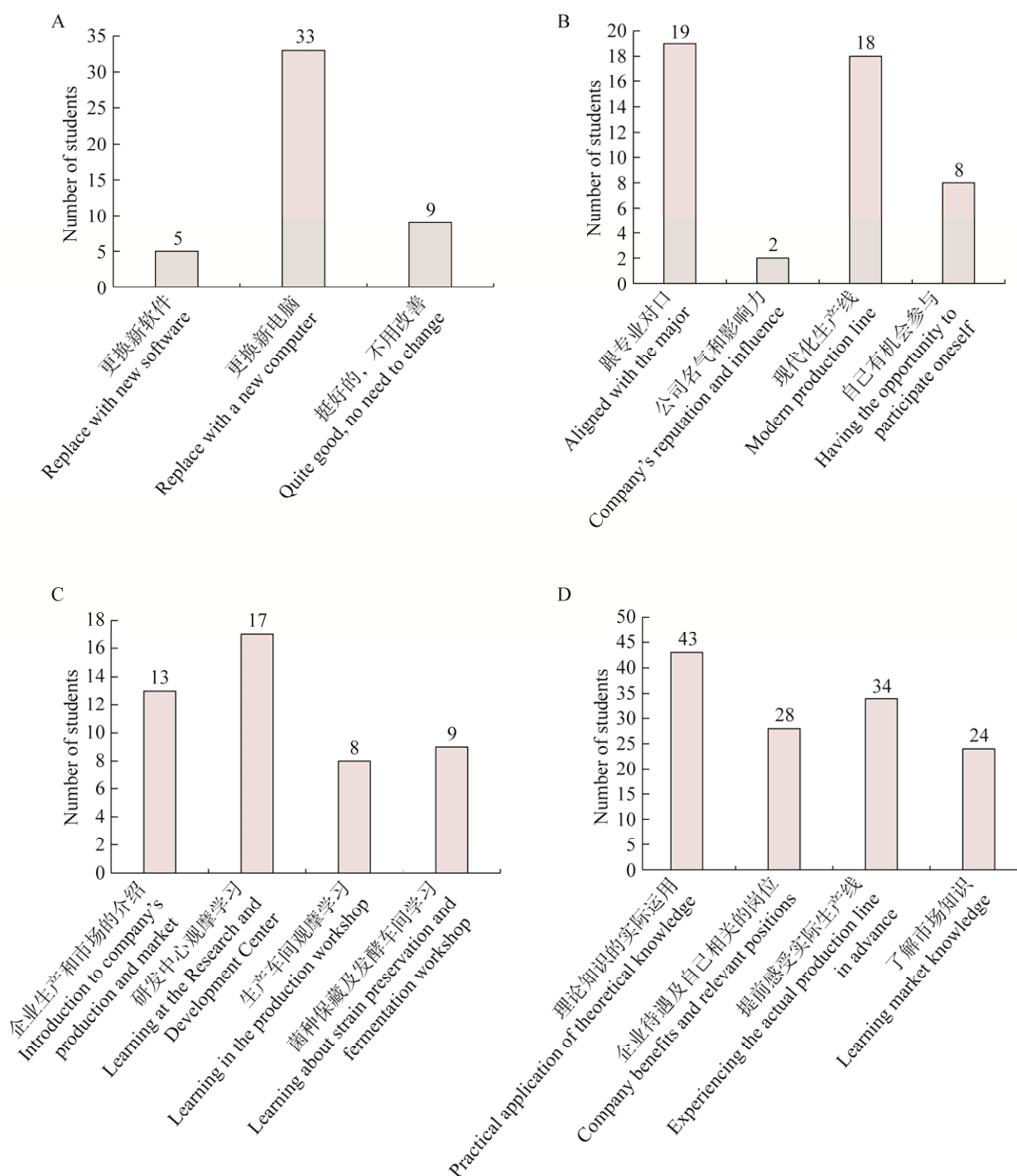


图3 学生对各教学环节的反馈 A: 模拟仿真的改进方向. B: 工厂学习实践最看重的方面. C: 工厂学习实践最有收获的环节. D: 工厂学习实践最想了解的内容

Figure 3 Students' feedbacks on our teaching steps. A: Improvement direction of our simulation system. B: The most valued aspect of learning and practice in factory. C: The most fruitful aspect of learning and practice in factory. D: Most desired to know in the learning and practice in factory.

5 课程效果反思与持续改进

针对“发酵工程专业课程设计”的教学评估和问卷反馈,可以明显看出大部分学生对“课堂+仿真+工厂实践”的综合教学模式持较高的认可度。具体来说,80.9%的学生赞同当前的教学结构。然而结合实施的课程和学生的反馈,我们认识到课程仍存在完善的空间。未来,我们计划在4个方面进行改进。

(1) 课程相关计算机硬件的升级改善。从问卷中,我们发现34.0%的学生觉得仿真系统在课程中的作用一般。更深入的调查显示,多达70.2%的学生认为需要更新计算机硬件以提供更快速的仿真体验。因此,在后续的课程开展中,我们将努力寻求学校和学院的支持,逐步升级完善模拟仿真计算机硬件平台,提升课程效率和模拟仿真体验。

(2) 课堂授课内容及授课方式的改进。问卷调查结果表明,尽管有超过80%的学生认为目前的课程组织形式非常好,但仍有19.1%的学生认为课程组织形式一般。进一步与学生的交流沟通表明,课堂授课环节存在着提升优化空间。“发酵工程专业课程设计”虽然属于生物技术专业实践环节课程,但其与本专业的专业核心课程“微生物学”“发酵工程”联系密切,同时也存在差异。目前的授课内容更侧重于流程与工厂设计,与之前专业基础衔接较少。在未来的教学中,我们将针对学生的知识背景、学习特点和需求进行教学内容的完善和优化,在课程内容上增加相衔接的部分,提升授课内容的接受度。另外,对于授课方式进一步完善。多模式的教学方式已被证实能够较好地激发学生兴趣,提升课堂教学效果^[10]。在课程内容的讲授中,我们将不仅仅采用讲授的方式,也将综合其他各类优秀的多媒体内容,如关于发酵工厂、发酵产业介绍的视频素材、发酵工程名

校公开课等。多手段、多维度地进行课程讲授,以增强授课内容的吸引力、专业性和全面性。

(3) 工厂学习实践环节内容上的改进。从学生的反馈来看,学生们兴趣较大且颇为注重的环节是工厂实践环节。根据调查结果,学生对理论知识的实际应用以及工厂生产线兴趣较浓厚。因此,在未来的工厂学习实践中,我们计划增加在研发中心的实地学习时间,深入了解理论知识在研发过程中的应用,同时尽量充实生产线观摩环节的内容。另外,也适当增加企业市场知识及企业相关岗位介绍这些环节内容,以满足学生的需求。

(4) 完善教学评价和教学考核环节。开展教学评价和考核的最终目的是提升教学效果和促进学生成长^[11]。在课堂授课部分,我们将通过课堂出勤、与学生的互动、课堂小测验等方式,对学生的进度进行评估,这部分成绩将占总成绩的20%。在模拟仿真和工厂学习实践环节,我们会通过观察学生的模拟操作、模拟操作报告、工厂实地互动、实习报告和心得来系统地评价学生的表现。

我们通过对“发酵工程专业课程设计”这门实践类课程的不断改革完善,合理地将虚拟仿真技术与工厂实践环节融入课程教学中,探索出合适的“课堂授课+模拟仿真+工厂实践”教学模式。力争通过新模式下“发酵工程专业课程设计”的教学实施,加强学生对发酵工程原理的理解,提高他们的实践与应用能力,深化他们对实际发酵生产相关企业的认识,为生物技术专业学生未来的职业生涯奠定坚实基础。

致谢

感谢湖北省安陆市第一高级中学万思老师对本文在构思设计、结果统计分析上的协助和贡献。

REFERENCES

- [1] 谭红铭, 曹理想. 生物工程专业“生产实习”课程的教学改革探索[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 717-720.
TAN HM, CAO LX. Teaching reform of Specialized Production Practice courses for students majored in Bioengineering[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 717-720 (in Chinese).
- [2] 黄瑶, 邓冬梅, 廖春燕, 赵东玲, 孙宇飞, 易弋. 培养发酵工程卓越工程师后备人才的教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2019, 46(5): 1220-1225.
HUANG Y, DENG DM, LIAO CY, ZHAO DL, SUN YF, Yi G. Teaching reform and practice of cultivating backup outstanding engineers in fermentation engineering[J]. Microbiology China, 2019, 46(5): 1220-1225 (in Chinese).
- [3] 张海龙. “发酵工程”课程思政教学改革探索与实践[J]. 微生物学通报, 2021, 48(4): 1394-1401.
ZHANG HL. Exploration and practice of ideological and political education in Fermentation Engineering course[J]. Microbiology China, 2021, 48(4): 1394-1401 (in Chinese).
- [4] 段开红, 田洪涛. 生物发酵工厂设计[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
DUAN KH, TIAN HT. Biofermentation Plant Design[M]. Beijing: Science Press, 2017 (in Chinese).
- [5] 沈萍, 陈向东. 微生物学[M]. 8 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
SHEN P, CHEN XD. Microbiology[M]. 8th ed. Beijing: Higher Education Press, 2016 (in Chinese).
- [6] 原野, 夏洪梅, 刘东波, 李晓雪, 李凡. 微生物学实验技术课程“五阶段”翻转课堂教学模式的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(8): 3531-3538.
YUAN Y, XIA HM, LIU DB, LI XX, LI F. Exploration and practice of “five-stage” flipped classroom teaching in Microbiology Experimental Technology course[J]. Microbiology China, 2022, 49(8): 3531-3538 (in Chinese).
- [7] 林海萍, 周湘, 张心齐, 张昕, 郭恺, 苏秀, 吴酬飞. 德融课程 盐溶于汤: 微生物学课程思政的思考与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(8): 3520-3530.
LIN HP, ZHOU X, ZHANG XQ, ZHANG X, GUO K, SU X, WU CF. Thinking and application of ideological and political education in Microbiology[J]. Microbiology China, 2022, 49(8): 3520-3530 (in Chinese).
- [8] 刘明秋, 全哲学, 丁晓明, 王英明, 钟江. 基于“以学为中心”的微生物学课程设计的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1100-1109.
LIU MQ, QUAN ZX, DING XM, WANG YM, ZHONG J. Exploration and practice of Microbiology course design based on learning-centered teaching philosophy[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1100-1109 (in Chinese).
- [9] 张美玲, 贾彩凤, 杜震宇. 见微知著 溶盐于汤: 浅谈高校微生物学课程思政的探索与实践[J]. 生物学杂志, 2019, 36(4): 102-104.
ZHANG ML, JIA CF, DU ZY. Application of “ideological and political education” in Microbiology[J]. Journal of Biology, 2019, 36(4): 102-104 (in Chinese).
- [10] 贾彩凤, 张美玲, 姜雪. 微视频资源在微生物学实验教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2021, 48(11): 4444-4449.
JIA CF, ZHANG ML, JIANG X. Application of micro-video source in Microbiology Experiment teaching[J]. Microbiology China, 2021, 48(11): 4444-4449 (in Chinese).
- [11] 贾坤同, 李俊, 米舒, 宁曦, 孟峥, 苏明, 易梅生. “海洋微生物学实验”课程思政探索和实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(1): 383-391.
JIA KT, LI J, MI S, NING X, MENG Z, SU M, YI MS. Exploration and practice of ideological and political education in Marine Microbiology Experiment course[J]. Microbiology China, 2022, 49(1): 383-391 (in Chinese).